



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



# Avaliação da Eficiência das Estações de Tratamento de Efluentes Sanitários em uma Usina Siderúrgica do RS

Autor: Luiza Peixoto Mallmann

Orientador: Profa. Liliana Amaral Féris

Porto Alegre, 2017

## Sumário

Sumário .....	ii
Resumo .....	iii
Lista de Figuras .....	iv
Lista de Abreviaturas e Siglas .....	v
1. Introdução .....	1
2. Revisão bibliográfica .....	2
2.1. Efluentes sanitários da indústria .....	2
2.2. Sistemas de tratamento de efluentes sanitários .....	3
2.2.1. Lagoas de estabilização .....	4
2.2.2. Lodo ativado .....	5
2.2.3. UASB .....	6
2.3. Reatores biológicos .....	7
2.4. Parâmetros de monitoramento .....	10
2.5. Legislação ambiental .....	11
2.6. Caracterização da área de estudo .....	12
2.6.1. Estação de tratamento C1 (ETE-C1) .....	14
2.6.2. Estação de tratamento C3 (ETE-C3) .....	15
2.6.3. Estação de tratamento C5 (ETE-C5) .....	15
3. Metodologia .....	16
3.1. Amostragem .....	16
3.2. Métodos de análise .....	17
4. Resultados e discussão .....	17
4.1. Estação de tratamento C1 (ETE-C1) .....	17
4.2. Estação de tratamento C3 (ETE-C3) .....	20
4.3. Estação de tratamento C5 (ETE-C5) .....	23
5. Conclusões .....	26
6. Referências .....	27

## Resumo

Com base nas exigências da legislação e de órgãos ambientais, além da proteção ao meio ambiente e à saúde coletiva, as indústrias têm buscado soluções mais eficientes para tratamento de seus efluentes sanitários. Dentro deste contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com a finalidade de avaliar a eficiência de três estações compactas de tratamento de efluentes sanitários instaladas em uma usina siderúrgica do Rio Grande do Sul. As estações são modulares e podem ser divididas em diferentes etapas sequenciais: anaeróbia, aeróbia, decantação secundária e desinfecção. O tratamento tem como objetivo principal remover a carga orgânica dos diferentes efluentes sanitários produzidos na usina estudada. A metodologia consistiu em realizar coletas das amostras antes e após o tratamento nas três estações localizadas na empresa entre os meses de janeiro e setembro de 2017. Os parâmetros de monitoramentos escolhidos foram: DBO, DQO, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total Kjeldahl, Sólidos Suspensos Totais e Coliformes Termotolerantes. A eficiência de remoção para cada parâmetro foi calculada e os resultados de concentração foram comparados aos valores máximos permitidos pela licença de operação da unidade, a qual é fornecida pelo órgão ambiental do Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos mostraram que houve melhora nos parâmetros ao longo do ano nas estações C1 e C3. Já a estação C5 ainda possui eficiência abaixo do desejado pois houve problemas de manutenção que a desestabilizaram. Por outro lado, observou-se melhora nos últimos meses indicando aumento contínuo da eficiência.

Palavras chave: tratamento, efluentes, siderurgia, carga orgânica

## Lista de Figuras

Figura 1 - Níveis de tratamento (NUNES, 2015).....	3
Figura 2 Esquema simplificado de uma lagoa facultativa (SPERLING, 1996) .....	4
Figura 3 Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodo ativado (SPERLING, 1996) .....	5
Figura 4 - Esquema simplificado de um reator UASB. Fonte: (KORSAK, 2008) .....	6
Figura 5 Rota metabólica e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia. Fonte: CHERNICHARO (2007) .....	9
Figura 6 – Fluxograma da geração e descarte do efluente sanitário. Fonte: o autor .....	12
Figura 7- Funcionamento geral da ETE (Fonte: SANEFLUX SOLUÇÕES AMBIENTAIS ©, 2015) .....	13
Figura 8- Fluxograma simplificado ETE-C1 .....	14
Figura 9 - Fluxograma simplificado ETE-C3 .....	15
Figura 10 - Fluxograma simplificado ETE-C5 .....	16
Figura 11- Concentrações e % de remoção de (A) DQO e (B) DBO da ETE-C1.....	18
Figura 12 – Concentração e % de remoção de (A) nitrogênio amoniacal e (B) nitrogênio total Kjeldahl na ETE-C1.....	18
Figura 13- Concentração e % de remoção de SST na ETE-C1.....	19
Figura 14- Concentração e % de remoção de coliformes termotolerante na ETE-C1.....	19
Figura 15- Concentrações e % de remoção de (A) DQO e (B) DBO da ETE-C3.....	20
Figura 16 - Concentração e % de remoção de (A) nitrogênio amoniacal e (B) nitrogênio total Kjeldahl na ETE-C3.....	21
Figura 17- Concentração e % de remoção de SST na ETE-C3.....	22
Figura 18 - Concentração e % de remoção de coliformes termotolerante na ETE-C3.....	22
Figura 19- Concentrações e % de remoção de (A) DQO e (B) DBO da ETE-C5.....	23
Figura 20- Concentração e % de remoção de (A) nitrogênio amoniacal e (B) nitrogênio total Kjeldahl na ETE-C5.....	24
Figura 21 - Concentração e % de remoção de SST na ETE-C5 .....	24
Figura 22- Concentração e % de remoção de coliformes termotolerantes na ETE-C5 .....	25

## Lista de Abreviaturas e Siglas

UASB - Reator anaeróbio de fluxo ascendente ou manta de lodo

ETE – Estação de tratamento de efluente

CH<sub>4</sub> – Gás metano

O<sub>2</sub> – Gás oxigênio

CO<sub>2</sub> – Gás carbônico

C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> – Glicose

DBO - Demanda bioquímica de oxigênio

DQO - Demanda química de oxigênio

NTK - Nitrogênio Total Kjeldahl

MBBR – Reator biológico de leito móvel

CAS – Câmara anaeróbia sequencial

FAS – Filtro aeróbio submerso

DS – Decantador secundário

TCO – Tanque de contato

LO – Licença de operação

VMP – Valor máximo permitido

NMP – Número mais provável

## 1. Introdução

A demanda para tratamento de efluentes sanitários não encontra somente incentivo no cumprimento das legislações e exigências de órgãos ambientais, mas na preservação e proteção do meio ambiente. As indústrias têm papel fundamental pois são responsáveis pelo lançamento de grandes volumes de efluentes. Segundo dados do IBGE de 2008, 45% de esgoto produzido no Brasil é lançado diretamente nos corpos receptores sem nenhum tratamento (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008). Como consequência a poluição das águas ao redor das áreas urbanas é muito elevada. Além de afetar a saúde da população, dificulta e encarece a captação e tratamento de água para abastecimento.

A pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias para tratamento de efluentes sanitários são imprescindíveis para o tornar mais acessível e viável tanto para a comunidade quanto para a indústria. Estações biológicas modulares de funcionamento contínuo têm se tornado populares no tratamento de efluentes sanitários especialmente em países de clima quente por ser instalado ao ar livre. Todo tratamento ocorre em um único módulo o que permite fácil instalação ocupando menos espaço e demandando menos manutenção.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi a avaliação da eficiência de três estações compactas de tratamento de efluentes sanitários instaladas em uma usina siderúrgica do Rio Grande do Sul. As estações tratam o efluente sanitário produzido na unidade sendo o efluente tratado posteriormente lançado no curso d'água de um rio. O estudo foi realizado através do monitoramento de parâmetros antes e após o tratamento a fim de verificar o atendimento aos valores exigidos na legislação e à licença de operação.

## 2. Revisão bibliográfica

Neste capítulo serão apresentados os fundamentos teóricos utilizados como base neste trabalho. Temas tais como efluentes sanitários da indústria, sistemas de tratamento de efluentes sanitários, reatores biológicos, parâmetros de monitoramento, legislação ambiental serão abordados e a caracterização da área de estudo será apresentada.

### 2.1. Efluentes sanitários da indústria

Em uma indústria, os efluentes gerados podem ser identificados e separados em diferentes correntes, sendo essas: efluente industrial, sanitário e pluvial. O efluente pluvial é água proveniente da rede de drenagem da chuva, enquanto o efluente industrial resulta do uso da água no processo produtivo e o efluente sanitário tem origem nas atividades de refeitórios e banheiros. A carga poluidora do efluente industrial depende da atividade produtiva da indústria e dos insumos utilizados, podendo adquirir características orgânicas ou inorgânicas. Já o efluente sanitário é resultante do uso da água para higiene, necessidades fisiológicas humanas e preparação de alimentos; possui 99% de água e a fração restante contém sólidos orgânicos e inorgânicos, dissolvidos e em suspensão, além de microrganismos. No entanto, pode-se dizer que essa fração é composta essencialmente de resíduos orgânicos como proteínas, carboidratos e gorduras (FERNANDES, 1997).

No que se refere ao efluente sanitário, caso este seja lançado no curso d'água, tal fato pode desencadear um problema de poluição. Os microrganismos consomem o oxigênio dissolvido em seus processos metabólicos de degradação da matéria orgânica provocando a falta de oxigênio nas águas e causando a mortalidade de peixes e outros seres vivos aquáticos. Um dos componentes da matéria orgânica é o nitrogênio que pode ser encontrado em várias formas e em estados de oxidação distintos como a amônia livre, ureia, nitratos e nitritos (SPERLING, 1996). O nitrogênio é um nutriente indispensável para o crescimento de microrganismos, porém se em grande quantidade pode conduzir a fenômenos de eutrofização.

Esse fenômeno consiste no crescimento acentuado de algas que termina por formar uma camada densa na superfície das águas impedindo a penetração da luminosidade. Dessa forma, a taxa fotossintética das camadas inferiores é reduzida causando a diminuição da concentração de oxigênio. Por consequência, ocorre a mortalidade de peixes e mamíferos, que por sua vez aumentam a matéria orgânica agravando ainda mais o problema (SANT'ANNA, 2013). Assim, o lançamento de efluente sanitário no meio ambiente causa grande impacto ambiental e prejudica a saúde da população. O tratamento deste efluente é necessário para um

descarte adequado e para promover a sustentabilidade da indústria. A seguir será abordado os sistemas de tratamento dos efluentes sanitários normalmente utilizados.

## 2.2. Sistemas de tratamento de efluentes sanitários

Um sistema de tratamento de efluentes sanitários é planejado de acordo com as características do efluente, como poluentes presentes e quantidade. A tecnologia escolhida deve ser adequada para resultar na eficiência de remoção pretendida. Diferentes sistemas são utilizados no tratamento do efluente sanitário, mas de modo geral seguem um fluxo que compreende algumas etapas. A Figura 1 apresenta estas etapas de tratamento, sendo eles: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário.

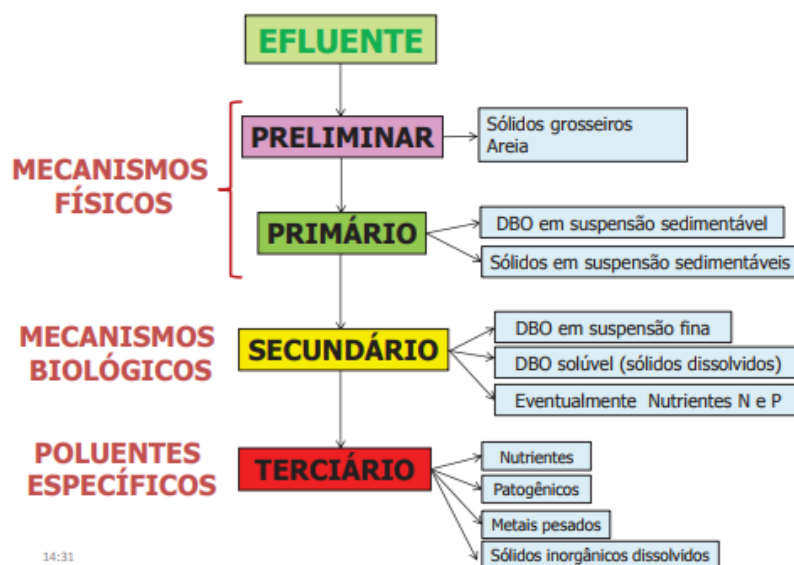


Figura 1 - Níveis de tratamento (NUNES, 2015)

**Preliminar:** Tratamento para remoção de grandes sólidos e areia; utilizado antes das demais unidades de tratamento a fim de proteger tubulações e bombas. São exemplos as grades e caixas de areia.

**Primário:** Tratamento físico para remoção dos sólidos não grosseiros em suspensão. A remoção é feita em unidades de sedimentação, denominadas decantadores.

**Secundário:** Tratamento biológico com finalidade de remoção de sólidos, de matéria orgânica não sedimentável, e nutrientes como nitrogênio e fósforo (SPERLING, 1996).

**Terciário:** Tratamento para remoção complementar de poluentes não removidos no tratamento secundário e de poluentes tóxicos. Além disso, remoção de patógenos remanescentes através de, por exemplo, cloração e ozonização (NUNES, 2015).

Atualmente o desenvolvimento tecnológico de tratamento de efluentes sanitários está concentrado na etapa secundária, visto que o tratamento biológico é a forma mais eficiente de remoção da matéria orgânica (SANT'ANNA, 2013). Desta forma, os sistemas diferem



principalmente nestas tecnologias. A seguir será descrito o funcionamento de sistemas biológicos comumente utilizados: lagoas de estabilização, lodo ativado e reator UASB.

### 2.2.1. Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização recebem este nome por estabilizar a matéria orgânica, ou seja, a transforma em outros produtos. Este sistema tem como principal característica o elevado tempo de retenção e as grandes áreas ocupadas. (SANTOS; KOPSCHITZ; AISSE, 2006). As lagoas de estabilização mais comuns são: lagoas facultativas e lagoas aeradas facultativas.

#### Lagoas facultativas

Dentre os sistemas de lagoas, esse é o mais simples pois depende unicamente de fenômenos naturais. A Figura 2 apresenta um esquema simplificado, onde observa-se que o efluente entra em uma extremidade e sai na extremidade oposta. O tempo de retenção é alto e pode levar em torno de vinte dias para que complete todo o percurso (SPERLING, 1996).

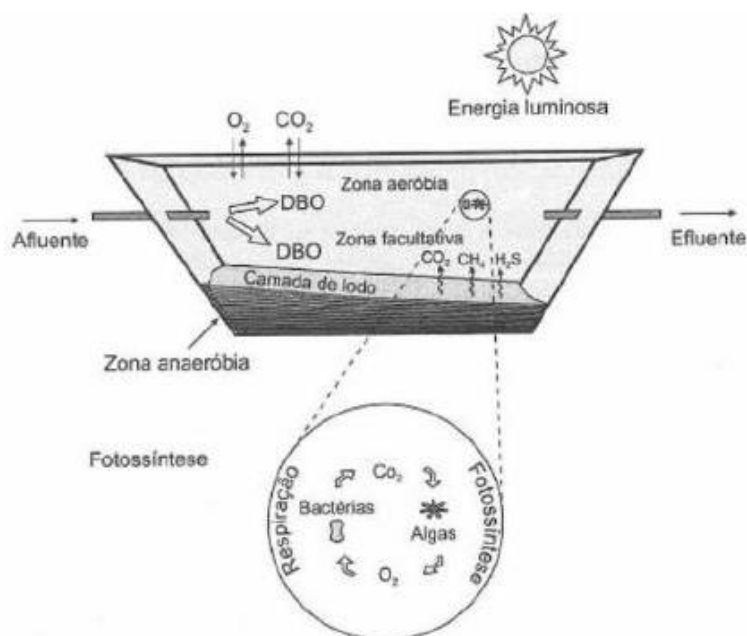


Figura 2 Esquema simplificado de uma lagoa facultativa (SPERLING, 1996)

A matéria orgânica em suspensão presente no efluente de entrada tende a sedimentar formando uma camada de lodo no fundo, como demonstrado no esquema da Figura 2. Existem microrganismos anaeróbios - que vivem na ausência de oxigênio - presentes neste lodo que degradam a matéria orgânica formando água, metano e gás carbônico, restando somente sólidos não-biodegradáveis.

Já a matéria orgânica dissolvida não sofre sedimentação, dessa forma fica dispersa no líquido. Os microrganismos facultativos - que sobrevivem tanto na presença quanto na ausência de oxigênio - decompõe essa matéria orgânica ao utilizarem como fonte de energia na

respiração. Além do mais, o oxigênio consumido é proveniente da fotossíntese das algas, resultando na necessidade de uma área superficial grande para receber a energia luminosa do sol (SPERLING, 1996).

Em resumo, a lagoa facultativa demanda uma área muito maior que outros processos e possui taxa mais lentas. Por outro lado, por ser um processo totalmente natural não necessita nenhum equipamento e sua operação é muito simples.

### **Lagoas aeradas facultativas**

As lagoas aeradas facultativas diferem da anterior pelo suprimento de oxigênio se dar através de aeradores. Os aeradores são equipamentos submersos sopram ar causando um turbilhonamento e, por consequência, provocando a dissolução do oxigênio no líquido.

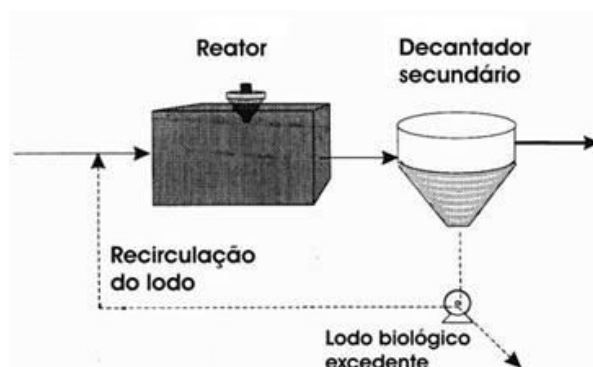
A lagoa ainda é denominada facultativa, pois mesmo havendo a adição de oxigênio na massa, o aerador não é suficiente para manter a matéria orgânica sedimentável em suspensão. Dessa forma, ainda há a presença de microrganismos anaeróbios no lodo acumulado no fundo.

A vantagem da lagoa aerada é diminuição da área e o menor tempo de retenção (5 a 10 dias) já que a decomposição se dá mais rapidamente. Por outro lado, há a introdução de mecanização dificultando a manutenção, além do gasto energético.

#### **2.2.2. Lodo ativado**

Como descrito anteriormente, as lagoas demandam um grande volume para seu funcionamento. Ao se pensar em reduzir o volume, é evidente que o aumento da concentração da biomassa em suspensão aceleraria o processo de decomposição (SPERLING, 1996). Surge então o sistema de lodos ativados.

O sistema consiste em um reservatório com aeração, em que os microrganismos permanecem em suspensão. Como é possível observar na Figura 3, na sequência do reator existe um decantador secundário que irá acumular os flocos de microrganismo que deixaram o reator.



*Figura 3 Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodo ativado (SPERLING, 1996)*

Desta forma, o princípio básico do sistema de lodos ativados é a recirculação do lodo da unidade de decantação para o reator. Assim, mantém-se elevada concentração de microrganismo, sendo esta dez vezes maior que na lagoa de estabilização.

Existem algumas variações do sistema do convencional, como o sistema de aeração prolongada. Os dois diferem principalmente no tempo em que o lodo permanece no sistema, chamado de idade do lodo. No convencional, a idade é 4 a 10 dias enquanto no de aeração prolongada é cerca de 40 dias.

O sistema de lodo ativado é eficiente no tratamento de efluentes sanitário. MEDEIROS (2005) determinou, para um sistema de lodo ativado em escala piloto, a remoção média de 88% de matérias orgânica e de 86% para nitrogênio total. Por outro lado, exige maior manutenção que as lagoas e também há o gasto de energia com a aeração e bombeamento.

### 2.2.3. Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB)

O reator UASB - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo – consiste em um tanque em que o efluente é alimentado na parte inferior em direção ao topo, formando um fluxo ascendente. Como pode-se observar no esquema da Figura 4, o reator pode ser dividido em três zonas principais: zona de digestão, zona de sedimentação e zona clarificada.

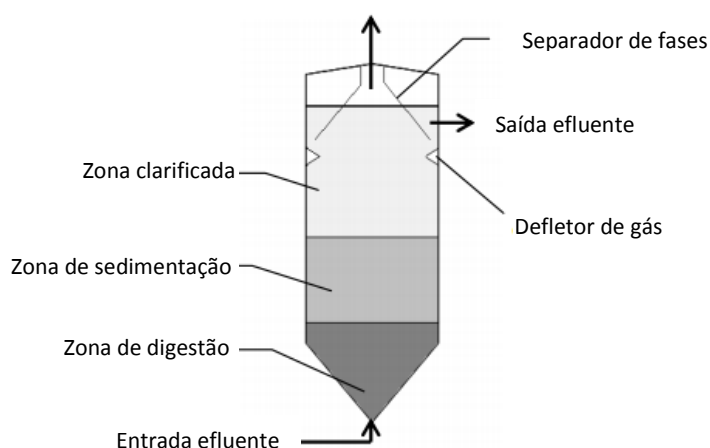


Figura 4 - Esquema simplificado de um reator UASB. Fonte: (KORSAK, 2008)

Ainda observando a Figura 4, a zona de digestão se encontra no fundo do reator onde há a manta de lodo. Este lodo é constituído de massa de sólidos sedimentados e microrganismos anaeróbios. É neste local que ocorre efetivamente a degradação da matéria orgânica. Como produto das reações bioquímicas, há a formação de gás metano suficiente para fazer a agitação no reator. Desta forma, não há a necessidade de um misturador mecânico (KORSAK, 2008).

A zona de sedimentação fica na parte intermediária onde ocorre o processo de sedimentação dos sólidos finos em suspensão e flocos de microrganismos que sofreram arraste.

Por fim, no topo do reator (zona clarificada), o efluente é separado dos sólidos e do gás metano por um separador de fases. O gás metano é recolhido enquanto os sólidos remanescentes são retidos no reator (SANTOS; KOPSCHITZ; AISSE, 2006).

Esse reator dispensa a decantação primária, não necessita agitação mecânica, produz menos lodo que outros sistemas e este já sai estabilizado (SANTOS; KOPSCHITZ; AISSE, 2006). Nos estudos de Calijuri et al., (2009) a remoção de matéria orgânica em um reator UASB encontrada foi entre 77% e 84%; 75% de sólidos suspensos totais; 30% de conversão de nitrogênio orgânico em amoniacal. Logo, não possui eficiência elevada como outros sistemas, mas, se necessário, pode ser utilizado como primeira etapa de um tratamento gradual.

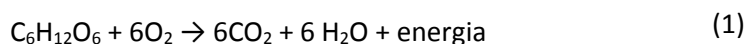
### 2.3. Reatores biológicos

Como mencionado anteriormente, a etapa biológica é a mais importante nos sistemas para tratamento de efluentes sanitários. A remoção da matéria orgânica e de nutrientes ocorre efetivamente pelo metabolismo bacteriano dos microrganismos presentes no sistema. Desta forma, os processos biológicos serão detalhados neste capítulo.

O metabolismo pode ser dividido em dois mecanismos diferentes: catabolismo e anabolismo. No anabolismo as bactérias utilizam o material orgânico como fonte para síntese de massa e crescimento. No catabolismo é utilizada como fonte de energia e gera produtos na reação. Além do mais, pode ser conduzido em ambiente com a presença de oxigênio (aeróbio) e na ausência de oxigênio (anaeróbio) (CHERNICHARO, 2007).

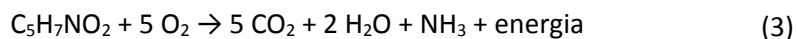
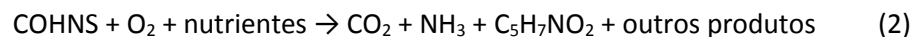
#### **Processo aeróbio**

Na digestão aeróbia, em que há oxigênio dissolvido e disponível, a oxidação biológica é completa, ou seja, a molécula orgânica é totalmente quebrada cedendo toda sua energia (MEDEIROS, 2005). Pode-se observar na Equação (1), que os produtos da reação são o gás carbônico e água - substâncias inertes sem energia útil.

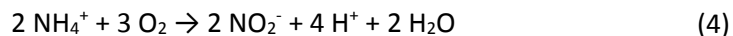


Os microrganismos decompositores em sua maioria são bactérias heterotróficas aeróbias e facultativas (SPERLING, 2013). Estes são capazes apenas de metabolizar a matéria biodegradável. Já a matéria não-biodegradável (inerte), se solúvel, não irá sofrer nenhuma transformação e, se particulada, irá ser envolvida pela biomassa e removida junto com o lodo (MEDEIROS, 2005).

Além do mais, no ambiente aeróbio ocorre reações com a matéria nitrogenada que serão importantes para sua posterior remoção. Metcalf e Eddy (1991) propõe as equações (2) e (3), sendo mecanismos anabólicos e de catabolismo, respectivamente. COHNS representa material orgânicos e  $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$  representa as novas células.



As reações (2) e (3) transformam a matéria orgânica nitrogenada em amônia que será utilizada no processo de nitrificação. Sperling (2013) explica que a nitrificação se dá através da oxidação da amônia pelos microrganismos quimioautótrofos utilizando  $\text{CO}_2$  como principal fonte de carbono. O processo de nitrificação se dá em duas etapas. Primeiramente, na Equação (4) a amônia é convertida em nitritos pelas bactérias *Nitrosomonas*.



Na sequência, na Equação (5) nitrito é convertido em nitrato pelas bactérias *Nitrobacter*.



### Processo anaeróbio

Na digestão anaeróbia, em que não há oxigênio, a matéria é transformada em metano, gás carbônico e energia. A Equação (6) mostra uma reação simplificada considerando a molécula simples de glicose e sem reações intermediárias.



No entanto, nesse processo ocorrem diversas reações bioquímicas interdependentes como fermentações, oxidações e reduções (FERREIRA, 2015). A Figura 5 esquematiza a rota metabólica desde a matéria orgânica - composta por carboidratos, proteínas e lipídeos - até sua conversão em produtos estáveis. As etapas intermediárias são a hidrólise, acidogênese, acetogênese e metagênese que serão detalhadas a seguir.

Observando a Figura 5, nota-se que primeiramente a matéria orgânica é hidrolisada por bactérias fermentativas em compostos mais simples. Os carboidratos se transformam em açúcares solúveis e os lipídios em ácidos graxos de longa cadeia e glicerina. A hidrólise pode ser considerada a etapa limitante, uma vez que quebra macromoléculas sólidas que possuem menor superfície de contato (CHERNICHARO, 2007).

Em seguida, ocorre a acidogênese em que os compostos formados na etapa anterior são absorvidos pelas células das bactérias fermentativas e excretadas como substâncias orgânicas simples como ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico e compostos minerais como gás carbônico, hidrogênio, amônia, etc. As bactérias nesta fase são um grupo diversificado, mas em sua maioria são anaeróbias obrigatórias (PESTANA, M.; GANGHIS, 2017).



Já o sulfato sofre oxidação gerando sulfeto, que por sua vez origina gás sulfídrico. A geração de gás sulfídrico muitas vezes é indesejável por ser corrosivo e causar mal odor (SPERLING, 2013).

#### 2.4. Parâmetros de monitoramento

Junto com os principais sistemas utilizados para tratar os efluentes sanitários, é imprescindível controlar a eficiência destes processos. Para tal, obter informações sobre a composição do efluente em relação ao tempo para que se verifique a remoção dos poluentes é muito importante.

Por outro lado, a identificação de todas as substâncias no efluente é uma tarefa impraticável devido à diversidade de componentes nos efluentes. Dessa forma, ao invés de determinar composição, utiliza-se parâmetros indiretos que traduzem o potencial poluidor do lançamento do efluente nos corpos d'água (SANT'ANNA, 2013). A seguir serão descritos os principais parâmetros de monitoramento de estações de tratamento de efluente sanitários:

##### **a) Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)**

A DBO é um Indicador da matéria orgânica biodegradável contida no efluente. O valor é uma medida do oxigênio consumido pelos microrganismos na oxidação da matéria orgânica. Simula a degradação natural que aconteceria se o efluente fosse lançado em curso receptor (SANT'ANNA, 2013).

##### **b) Demanda química de oxigênio (DQO)**

A DQO indica a quantidade total de matéria orgânica, tanto a biodegradável quanto não-biodegradável. Refere-se a quantidade de oxigênio necessário para estabilizar quimicamente a matéria orgânica ao utilizar um forte oxidante químico (SPERLING, 2013).

##### **c) Nitrogênio amoniacal**

Indica a quantidade de nitrogênio na forma de amônia. É um importante parâmetro, pois a amônia é produzida na primeira etapa de degradação da matéria orgânica. Além disso, altas concentrações de amônia indicam que as reações de nitrificação não ocorreram efetivamente (SPERLING, 1996).

##### **d) Nitrogênio total Kjeldahl (NTK)**

NTK é um parâmetro que compreende tanto a amônia quanto o nitrogênio orgânico contido nas proteínas, aminoácidos e na uréia. O valor deste parâmetro será baixo caso os processos de nitrificação e desnitrificação estejam sendo eficientes para remoção da matéria nitrogenada (SPERLING, 1996).

### e) Coliformes termotolerantes

Este parâmetro é um indicador de contaminação fecal. Os coliformes termotolerantes não são organismos patogênicos mas indicam a contaminação por fezes humanas e animais, e assim a potencialidade para transmitir doenças. É uma alternativa pois a detecção de patogênicos em laboratório é difícil devido à baixa concentração.

O grupo coliforme (normalmente *Escherichia coli*) é o mais comum e é utilizado como indicativo por diversos motivos: facilmente detectável já que são encontrados em grande quantidade nas fezes humanas; encontrados somente em animais de sangue quente que garante a não interferências de outros contaminantes; apresentam resistência similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais o que torna um bom indicador pois caso morressem em um tempo inferior ou superior às bactérias patogênicas não seriam um bom indicador (SPERLING, 1996).

## 2.5. Legislação ambiental

A legislação ambiental existe para proteger o meio ambiente dos impactos da ação do ser humano. Em relação ao lançamento de efluentes na natureza as legislações que o regulam são duas: Em âmbito nacional, a Resolução CONAMA n° 357 de 2005 (BRASIL, 2005) alterada pela Resolução CONAMA n° 430, de 2011 (BRASIL, 2011) e, em âmbito estadual, a Resolução CONSEMA n° 355 de 2017 (BRASIL, 2017) que revoga Resolução CONSEMA n° 128 de 2006 (BRASIL, 2006).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução n° 430 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os valores estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de lançamento de efluente segundo CONAMA n° 430/2011. Fonte: adaptado de (BRASIL, 2011)

Parâmetros	Valores
Faixa de pH	4-9
Temperatura máxima (°C)	40
Concentração de Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	1
Concentração de DBO (mg/L)	120
Remoção mínima de DBO (%)	60
Concentração de Nitrogênio amoniacal total (mg/L N)	20

O Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) através da Resolução n° 355/2017 dispõe os critérios e padrões de emissão tanto de efluentes sanitário quanto industriais para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 2).



Tabela 2 - Valores de lançamento de efluente segundo CONSEMA nº355/2017. Fonte: adaptado de BRASIL (2017)

Parâmetros	Valores
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	20
Remoção mínima de Nitrogênio Amoniacal (%)	75
Fósforo Total (mg/L)	4
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	80
DQO (mg/L)	260
SST (mg/L)	80
Coliformes Termotolerantes (NMP/ 100 mL)	105
Remoção mínima de Coliformes Termotolerantes (%)	95

A Tabela 2 apresenta os valores de concentração ou eficiência mínima exigidos na CONSEMA nº355/2017. Os valores para os parâmetros exibidos são específicos para lançamento de efluentes líquidos sanitários.

## 2.6. Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado em uma indústria siderúrgica do Rio Grande do Sul voltada para produção de aços especiais. Em 2017, a empresa conta por volta de 700 colaboradores e está licenciada para lançamento de efluentes no corpo receptor do rio Jacuí. Os parâmetros do efluente lançado devem atender os padrões de emissão da Resolução CONAMA nº 430/2011, CONSEMA nº 355/2017 e também os padrões exigidos na licença de operação.

Na usina, o efluente industrial é totalmente recirculado, ou seja, todas as correntes de efluente industrial produzido são reabsorvidas no processo industrial. Somente o efluente sanitário, proveniente dos sanitários, cozinhas e refeitório, é lançado no rio após tratamento. A Figura 6 apresenta as etapas desde a geração do efluente até seu descarte, além de toda contribuição de líquidos e os resíduos sólidos gerados pelo efluente sanitário.

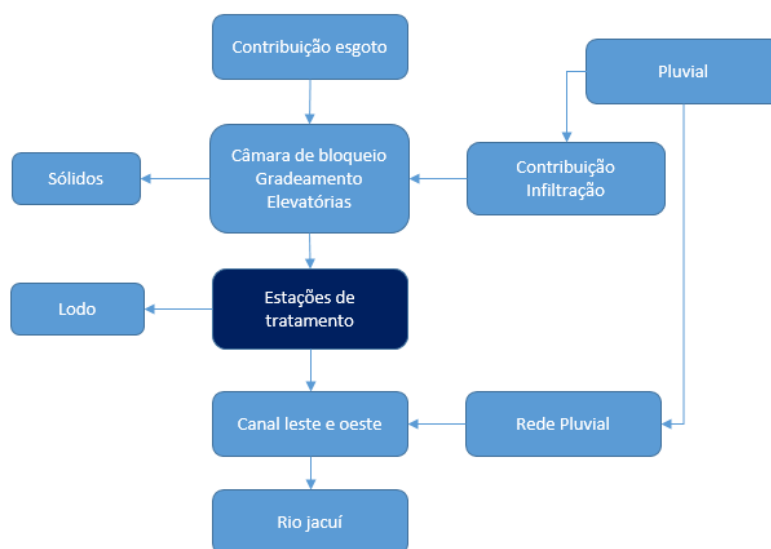


Figura 6 – Fluxograma da geração e descarte do efluente sanitário. Fonte: o autor

Inicialmente o efluente é submetido a um tratamento preliminar que consiste em gradeamento estático para retenção dos sólidos médios e grosseiros em suspensão, corpos flutuantes e filamentosos. Após, o efluente segue para as estações elevatórias de onde é bombeado para as estações de tratamento. Na sequência após o tratamento, o efluente é encaminhado para os canais que também recebem contribuição pluvial para, finalmente, ser lançado no curso d'água do Rio Jacuí.

As informações referentes ao funcionamento das estações neste capítulo foram obtidas através de Memoriais Descritivos de Cálculo e Manuais de Operação realizados pelas empresas Saneflux® e Mizumo - responsáveis pelo projeto e instalação das plantas de tratamento de efluentes na empresa em estudo (CALDERONI, 2015).

A Figura 7 mostra um esquema genérico da estação de tratamento que a empresa Saneflux® comercializa. As estações são vendidas em módulo para as indústrias, conforme necessidade específica de cada uma. Esse sistema modular compacto permite adaptar o projeto especificamente às características do efluente. A Figura 7 apresenta a estação completa e posteriormente serão apresentados os módulos adquiridos pela empresa em estudo de forma resumida.

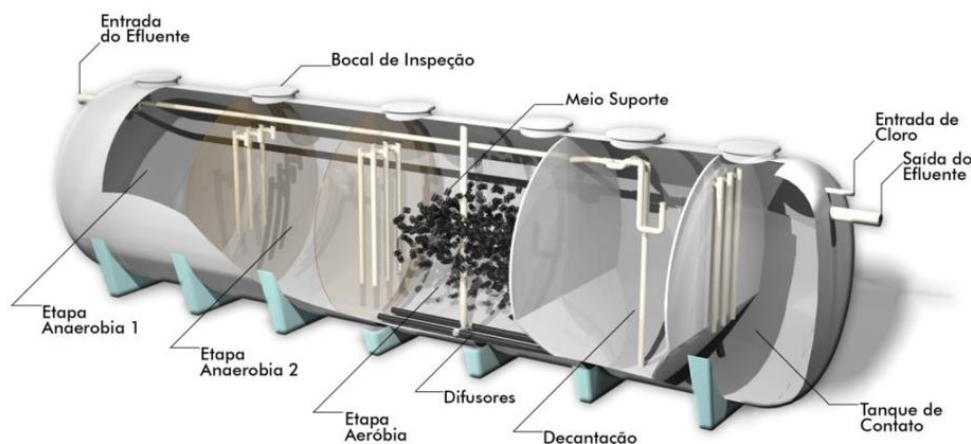


Figura 7- Funcionamento geral da ETE (Fonte: SANEFLUX SOLUÇÕES AMBIENTAIS ©, 2015)

A Figura 7 mostra diferentes etapas através das quais o efluente passa para atingir o grau de tratamento adequado. O efluente é bombeado para a primeira câmara e após a passagem do efluente de uma câmara a outra se dá por ação da gravidade durante o tratamento contínuo. As principais etapas de tratamento constituem-se em:

- a) 1º Etapa – Recebimento do esgoto bruto em dois reatores sequenciais anaeróbios. Nesta etapa ocorre a digestão da matéria orgânica presente e remoção de 30% a 55% da DBO. Além disso, funciona também como um decantador primário, retendo grande parte dos sólidos que não são digeríveis

pelos microrganismos. O efluente é encaminhado até o fundo onde entra em contato com a zona de digestão onde estão os microrganismos, sofrendo degradação e produzindo gás metano. As bolhas de gás levam os flocos de lodo e formam um fluxo ascendente sendo coletado e encaminhado para próxima etapa.

- b) 2º Etapa – Consiste na oxigenação do lodo em reatores aeróbios. No fundo dos reatores existem aeradores (difusores de ar) que formam microbolhas de ar que percorrem um suporte (fixo ou fluidizado) que fixa os microrganismos.
- c) 3º Etapa – Separação sólido-líquido através de decantação secundária em que ocorre a separação das colônias de microrganismos que desprendem do suporte da etapa aeróbia. O lodo acumulado nessa etapa é retornado a cada 15 dias para o início do tratamento (reator anaeróbio) para que se mantenha a concentração de microrganismos no sistema.
- d) 4º Etapa – Desinfecção, etapa em que ocorre a adição de produto químico com a finalidade de eliminar microrganismos. Normalmente a desinfecção é realizada por cloração.

A indústria em estudo adquiriu 3 plantas de tratamento de efluentes da empresa SANEFLUX SOLUÇÕES AMBIENTAIS ©, as quais diferem em tamanho e nos módulos existentes na sua construção. Cada uma foi dimensionada de acordo com a necessidade do setor no qual ela foi instalada, com base na vazão de efluente para a qual ela foi projetada. A indústria em estudo apresenta três estações em operação, as quais são chamadas ETE-C1, ETE-C3 e ETE-C5. Observa-se que, apesar de serem similares, as ETEs diferem entre si em algumas características e estas serão descritas a seguir.

#### 2.6.1. Estação de tratamento C1 (ETE-C1)

A ETE-C1 é a menor ETE entre as três e possui capacidade apenas de 8 m<sup>3</sup>/dia. Esta estação está localizada na entrada da usina e objetiva tratar o efluente proveniente da portaria e da escola técnica. A Figura 8 apresenta os módulos internos da estação.

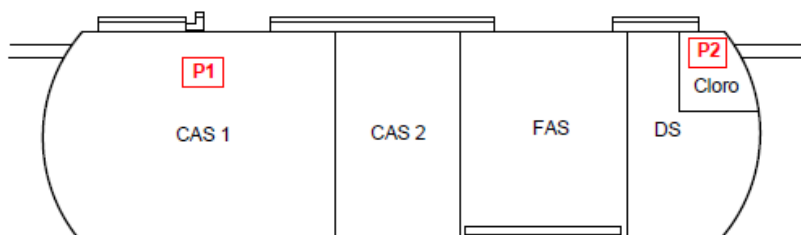


Figura 8- Fluxograma simplificado ETE-C1

A entrada do efluente ocorre nas câmaras sequenciais anaeróbias (CAS). Na sequência, segue para a câmara aeróbia. Nesse compartimento existem os aeradores instalados e um conjunto de placas em polietileno que fazem a fixação dos microrganismos.

Em seguida, o fluxo segue para a câmara decantadora secundária (DS). Por último, câmara de desinfecção com um suporte de tubo clorador (placa de fibra furada) onde são colocadas pastilhas de hipoclorito de cálcio.

### 2.6.2. Estação de tratamento C3 (ETE-C3)

A ETE-3 é a maior, possui capacidade de 37 m<sup>3</sup>/dia e recebe contribuição do efluente do refeitório que possui alta concentração de matéria nitrogenada. Por esse motivo, após a câmara anaeróbia sequencial existem três câmaras aeradas que promovem melhor remoção de nitrogênio como é possível observar na Figura 9.

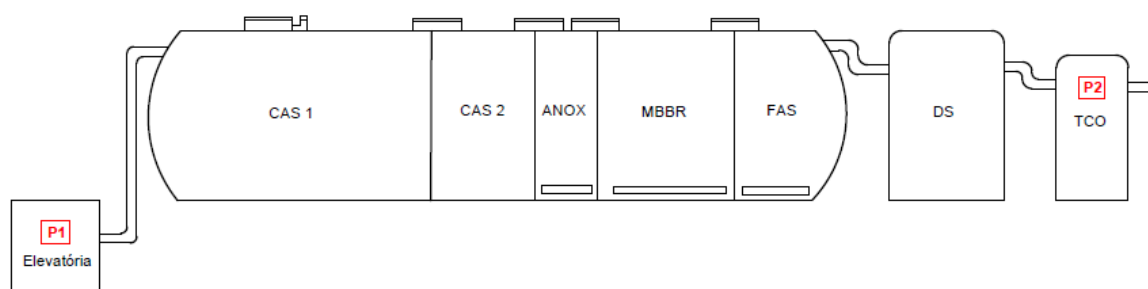


Figura 9 - Fluxograma simplificado ETE-C3

Então, após as câmaras sequenciais anaeróbias e o ANOX, o efluente segue para o Reator biológico de leito móvel (MBBR) e filtro aeróbio submerso (FAS). Os reatores ANOX, FAS, MBBR possuem um meio suporte móvel que são estruturas cilíndricas ou anelares de polietileno com aberturas por todos os lados que permite bom contato entre o ar e os microrganismos fixos no suporte.

O decantador secundário neste caso não é sequência no reator, mas é um tanque cilindro vertical separado. Além disso, a desinfecção também é externa e ocorre no tanque vertical chamado de tanque de contato (TCO) onde solução de hipoclorito de cálcio é adicionado por um dosador (CALDERONI, 2015).

### 2.6.3. Estação de tratamento C5 (ETE-C5)

A ETE-C5, de tamanho intermediário, possui capacidade de 17,8 m<sup>3</sup>/dia. A Figura 10 ilustra as sequências de câmaras do interior da estação. Similar às outras ETE, inicialmente tem-se duas câmaras sequenciais anaeróbias, seguindo de filtro submerso aerado (FAS) com meio

suporte móvel e aeradores. Localiza-se a leste da usina e destina-se a tratar o efluente do setor de logística especificamente a área das transportadoras.

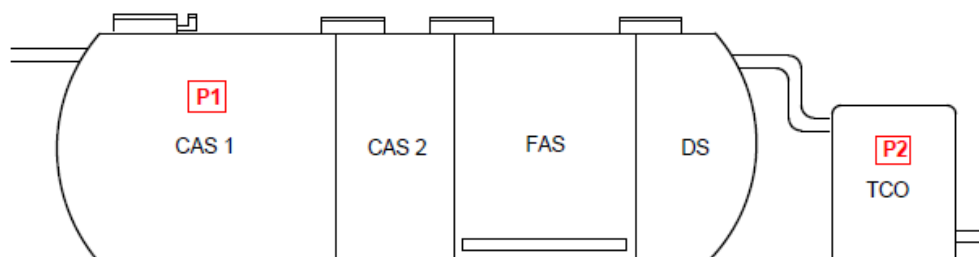


Figura 10 - Fluxograma simplificado ETE-C5

Observa-se na Figura 10 que o decantador secundário ainda é sequência no reator. Por fim, o fluxo segue para o tanque de contato para desinfecção onde cloro é adicionado. O TCO neste caso é um tanque cilíndrico exterior ao reator.

### 3. Metodologia

Neste capítulo a metodologia utilizada é apresentada para alcançar os objetivos do estudo que consiste na amostragem dos pontos de coletas para acompanhamento da eficiência das ETEs e nos métodos de análise. O laboratório responsável tanto pela coleta e pelas análises foi contratado pela empresa e é acreditado pelo Inmetro, portanto, atende aos requisitos na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

#### 3.1. Amostragem

A amostragem foi realizada por coletas simples antes e após o tratamento para cada uma das estações mensalmente. Por dificuldade de acesso não foi possível coletar nos pontos equivalentes em cada uma das ETEs. Os pontos da coleta selecionado para as estações C1, C3 e C5 estão identificados, respectivamente, na Figura 8, Figura 9 e Figura 10, onde P1 é ponto de coleta referente à entrada de efluente e P2 referente à saída de efluente.

Tabela 3- Período de coletas em cada estação.

ETE	jan	fev	mar	abril	maio	jun	jul	ago	set	out	nov
C1	x		x			x		x		x	
C3			x		x	x	x	x	x	x	x
C5	x		x		x	x	x	x	x	x	x

As coletas foram realizadas mensalmente no período de janeiro a setembro de 2017. Devido ao contrato com o laboratório alguns meses não foi possível realizar a coleta. A Tabela 3 mostra os meses em que houve análise, marcada como x, para cada estação.

### 3.2. Métodos de análise

Os parâmetros analisados pelo laboratório para monitoramento das ETEs foram: DBO, DQO, Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal, Sólidos Suspensos Totais e Coliformes termotolerantes. O escopo de acreditação determina quais normas e/ou procedimentos são seguidos para os ensaios em laboratório conforme Tabela 4. A referência para as técnicas de análises é o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22ª edição, 2012.

*Tabela 4 - Métodos de análise*

<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>
<b>DBO</b>	SMWW, 22ª Edição, 2012 Método 5210 B
<b>DQO</b>	SMWW, 22ª Edição, 2012 Método 5220 D
<b>Nitrogênio amoniacal</b>	SMWW, 22ª Edição, 2012 Método 4500 NH3 E
<b>Nitrogênio Total Kjeldahl</b>	SMWW, 22ª Edição, 2012 Método 4500 Norg - C
<b>Coliformes termotolerantes</b>	SMWW, 22ª Edição, 2012 Método 9223 B

## 4. Resultados e discussão

Após aplicação das metodologias escolhidas, obtiveram-se dados de concentração referentes aos efluentes na entrada e na saída das estações de tratamento. A partir destes dados foi possível calcular a eficiência de remoção para diferentes parâmetros em todas as análises realizadas.

Os resultados do trabalho encontram-se apresentados em gráficos objetivando facilitar a avaliação dos dados. Na sequência serão mostrados os resultados referentes a cada uma das três estações.

### 4.1. Estação de tratamento C1 (ETE-C1)

A estação ETE-C1 foi projetada para atender os prédios da portaria e de uma escola técnica na unidade. Observa-se na Figura 11 que nos meses de janeiro e março a contribuição de matéria orgânica foi baixa. Tal fato deve-se ao fato destes meses serem férias na escola técnica e não haver geração de efluente. Dessa forma, a baixa concentração na entrada e saída foi devido a estação não estar em operação.

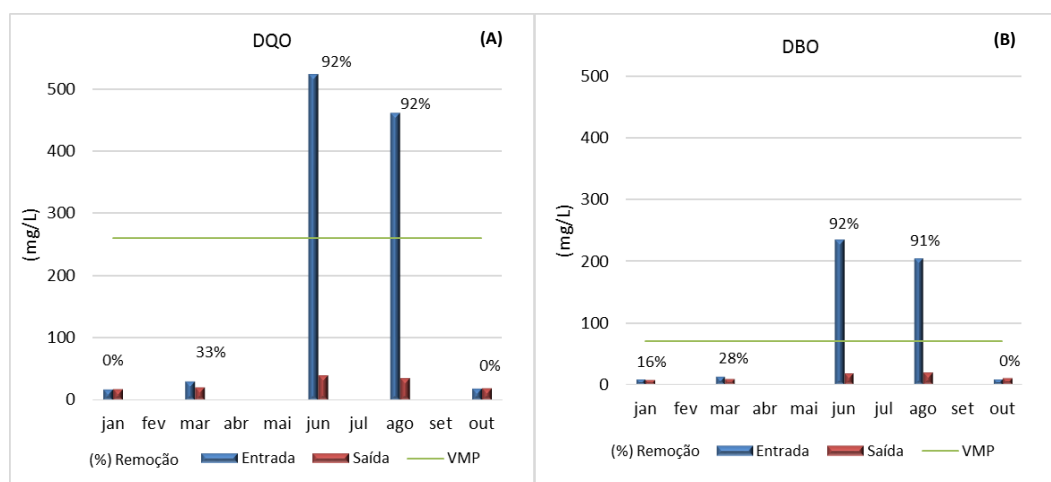


Figura 11- Concentrações e % de remoção de (A) DQO e (B) DBO da ETE-C1

Em junho e agosto houve um aumento na carga orgânica, provavelmente, devido ao aumento do número de pessoas frequentando a escola. Pode-se concluir que em relação à remoção de matéria orgânica a estação é eficiente porque a remoção de DQO e DBO foi acima de 90% e a concentração de saída atendeu ao valor da LO.

O monitoramento de nitrogênio foi realizado através dos parâmetros de nitrogênio amoniacal e nitrogênio total Kjeldahl. A Figura 12 apresenta os resultados.

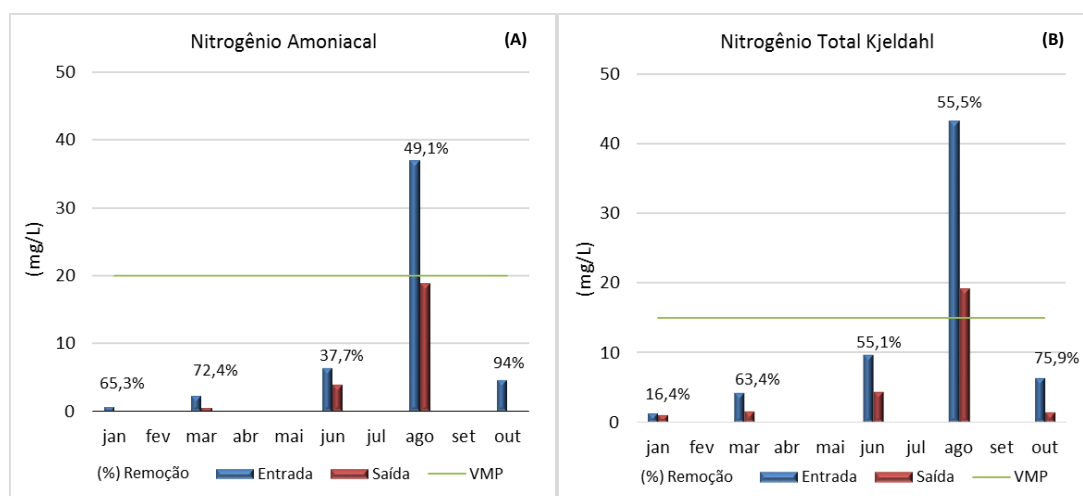


Figura 12 – Concentração e % de remoção de (A) nitrogênio amoniacal e (B) nitrogênio total Kjeldahl na ETE-C1

Observa-se na Figura 12 que não houve contribuição tanto de nitrogênio amoniacal quanto nitrogênio total Kjeldahl durante o ano, com exceção de agosto. Como o desenvolvimento dos microrganismos depende de nutrientes como o nitrogênio (CLAAS, 2007), as bactérias fermentativas que degradam a matéria orgânica em compostos mais simples eram poucas e não foram suficientes quando a carga aumentou. Dessa forma, em agosto a eficiência de remoção de nitrogênio Kjeldahl não atendeu o VMP da LO.

A Figura 13 apresenta avaliação da remoção dos sólidos suspensos totais. Os resultados de junho não estão no gráfico pois houve falha na coleta.

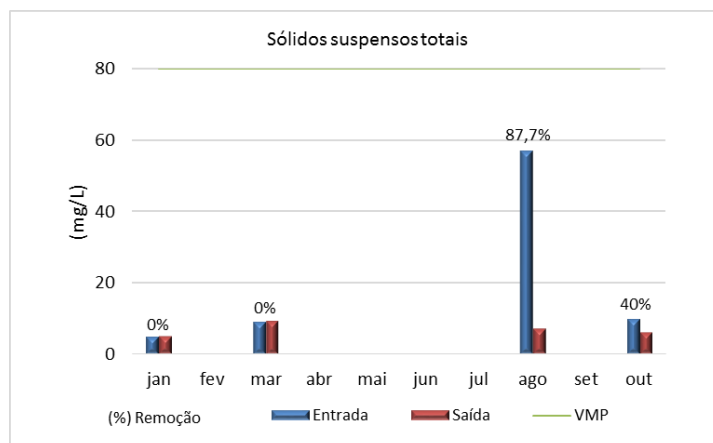


Figura 13- Concentração e % de remoção de SST na ETE-C1

Verifica-se na Figura 13 uma baixa carga de sólidos suspensos ao longo dos meses. Conclui-se que a remoção dos sólidos suspensos no sistema é eficiente pois as concentrações tanto na entrada quando na saída foram abaixo do VMP. Sendo assim, a eficiência 0% em janeiro e março não representa um mal funcionamento. Em agosto a eficiência aumentou para 87,7% pois a carga de sólidos suspensos também aumentou.

A presença de microrganismos patogênicos foi monitorada através do parâmetro de coliforme termotolerantes. A Figura 14 apresenta as concentrações em NMP/100mL em escala logarítmica.

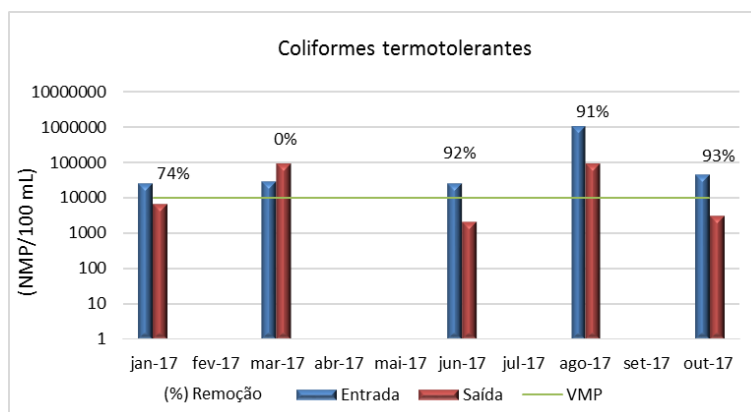


Figura 14- Concentração e % de remoção de coliformes termotolerante na ETE-C1

No mês de março a concentração de coliformes na saída foi maior que na entrada (Figura 14), portanto neste mês a estação não removeu coliformes. É importante destacar que essa diferença positiva foi provavelmente devido a uma variação de concentração na entrada, pois a coleta é realizada simultaneamente no tanque na saída e na entrada.

Nos meses de março e agosto, não foi atendido o valor máximo permitido. Mas, em geral, notou-se uma melhora na eficiência durante os meses chegando a 93%.



#### 4.2. Estação de tratamento C3 (ETE-C3)

A estação ETE-C3, como mencionado na caracterização da área de estudo, recebe efluentes dos banheiros das laminações e do refeitório – que contribui com uma carga elevada de matéria orgânica e nitrogenada. As variações de carga na entrada são grandes devido à geração do efluente depender do horário de funcionamento e preparação de alimentos no refeitório.

O monitoramento de matéria orgânica está representado na Figura 15 através dos parâmetros DQO e DBO. As análises de setembro não estão no gráfico pois os valores na entrada foram muito elevados: DQO 6510 mg/L e DBO 3310 mg/L. Esse fato ocorreu devido a um descarte de material orgânico incomum. Importante destacar que, apesar da concentração de entrada ter sido acima do planejado, a eficiência de remoção foi de 99,6% para DQO e 99,7% para DBO. Além disso, a concentração de saída atendeu ao VMP.

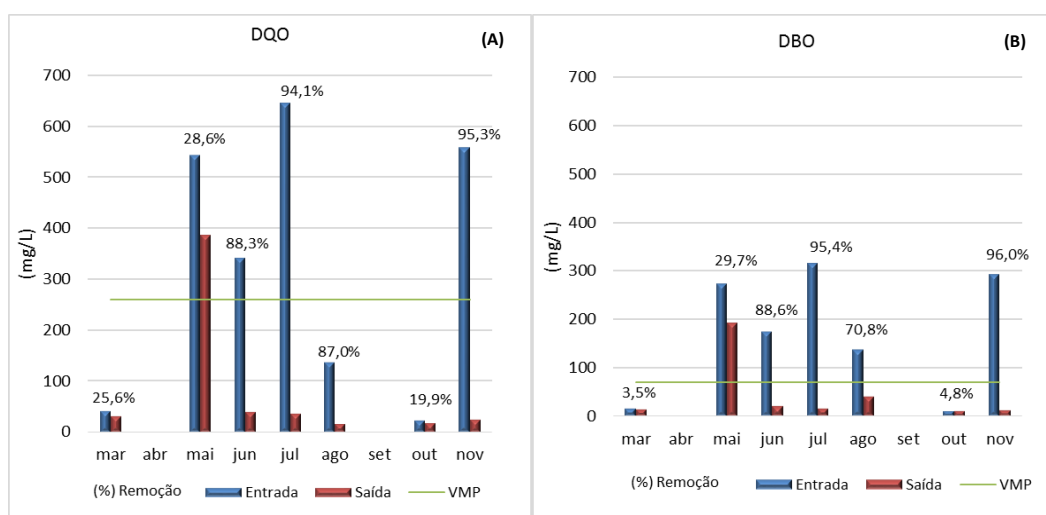


Figura 15- Concentrações e % de remoção de (A) DQO e (B) DBO da ETE-C3

Durante o ano anterior às análises, houve uma inundação na ETE-C3 que ocasionou arraste das colônias de microrganismos. O acontecimento desestabilizou a estação por um período. Na Figura 15 nota-se que as eficiências de remoção nos meses de março e maio de 2017 ainda estavam baixas tanto para DQO e DBO. Por outro lado, nos meses seguintes a estação apresentou evolução.

A população de microrganismos é complexa e inter-relacionada, em que cada um tem uma curva de crescimento diferente (METCALF; EDDY, 1991). Dessa forma, espera-se que a evolução continue e estabilize em remoção de em torno de 98% como planejado pelo fornecedor.

A ETE-C3, diferentes das outras duas estações, possui três câmaras sequenciais aeradas como representado na Figura 9. Por esse motivo, a remoção de matéria nitrogenada é superior comparada às outras estações já que no ambiente aeróbio ocorre as reações de nitrificação e

também outras com utilização de matéria nitrogenada. A Figura 16 apresenta os resultados de Nitrogênio Amoniacal e Nitrogênio Total Kjeldahl.

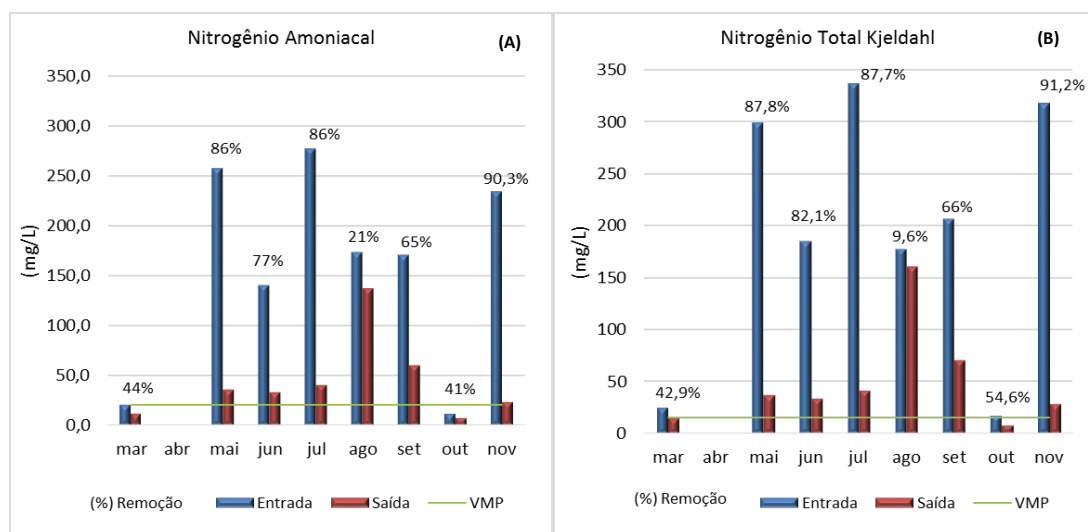


Figura 16 - Concentração e % de remoção de (A) nitrogênio amoniacal e (B) nitrogênio total Kjeldahl na ETE-C3

Observa-se na Figura 16 que a maioria dos meses a remoção de amônia (A) e de nitrogênio total (B) foram elevadas. Nos meses de março e outubro, a eficiência foi baixa devido à baixa carga na entrada.

No mês de agosto e setembro, o desempenho da estação não foi satisfatório. Segundo Park et al. (2017) a atividade de alguns microrganismos que removem nitrogênio apresentam melhor desempenho em temperaturas entre 25°C e 30°C, já na temperatura de 15°C, a atividade cai pela metade. Logo, esse fato é uma das razões pelo qual houve baixa eficiência nestes meses e também explica porque em novembro foi elevada. A temperatura é, portanto, além da concentração de entrada, um dos fatores que causa as variações na eficiência.

Em resumo, a remoção de matéria nitrogenada não é suficiente e não atende a LO. Por outro lado, apresentou evolução durante o ano de 2017 e espera-se que a estabilização e desenvolvimento dos microrganismos continue.

Os resultados das análises de sólidos suspensos totais estão representados na Figura 17. A eficiência de remoção foi satisfatória e a concentração atendeu o VMP em todos os meses analisados. A estação em estudo apresenta desempenho superior a outros sistemas como, por exemplo, o UASB em que CALIJURI et al., (2009) encontrou o valor de 30% de remoção para sólidos suspensos.

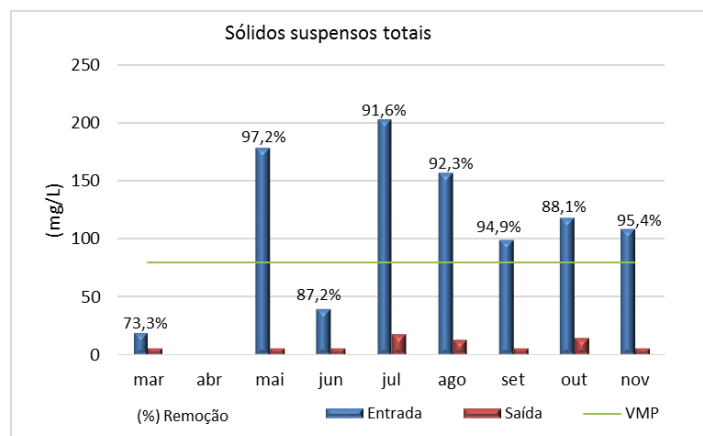


Figura 17- Concentração e % de remoção de SST na ETE-C3

Os resultados das análises do parâmetro Coliformes Termotolerantes estão representados no gráfico da Figura 18. A porcentagem de remoção foi acima de 99% ao longo do ano. No mês de março, a remoção foi zero devido a problemas de operação do dosador de cloro.

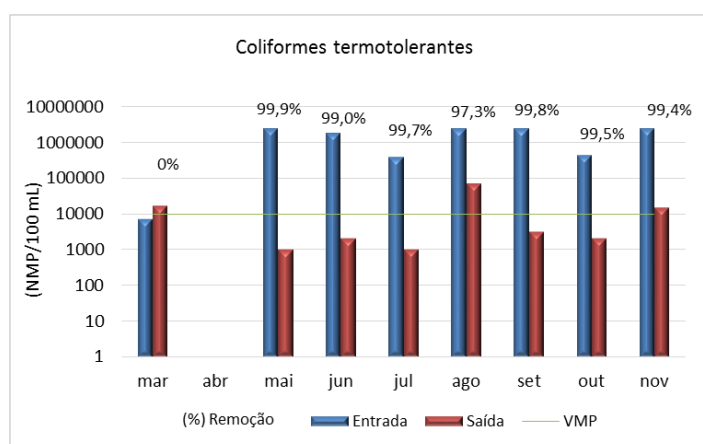


Figura 18 - Concentração e % de remoção de coliformes termotolerante na ETE-C3

Nos meses de agosto e novembro, a concentração na saída não atendeu o VMP estabelecido pela LO, apesar da eficiência de remoção atender à exigência do CONSEMA, (2017) para remoção mínima de 95%.

O sistema em estudo possui alto desempenho quando comparamos com outros sistemas. JAMES, (1985) determinou remoção de coliformes 97% para sistema convencional de lodo ativado e ARCEIVALA, (2004) encontrou valores entre 90% e 98% para lodo ativado com aeração prolongada.

#### 4.3. Estação de tratamento C5 (ETE-C5)

A estação C5 recebe efluente da área das transportadoras onde os motoristas recebem treinamento e aguardam liberação para acesso. Por este motivo, as características do efluente sanitário variam com o ritmo de produção e, por consequência, a circulação de caminhões.

Devido a problemas de manutenção, o sistema de aeração estava danificado entre os meses de maio e setembro. Após identificação da falha, a aeração foi reinstituída e foi realizado a retirada de 1/3 do lodo das câmaras e uma limpeza do decantador e tanque de contato. Além disso, foi adicionado cloro no dosador do tanque de contato.

Os problemas de manutenção causaram grandes impactos na eficiência da estação. A Figura 19 apresenta os resultados de DQO e DBO.

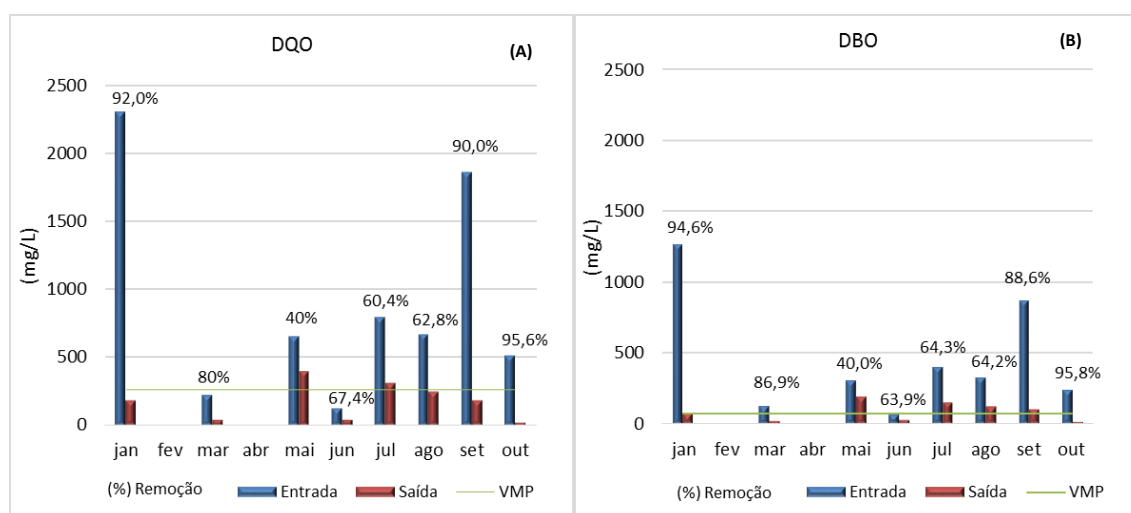


Figura 19- Concentrações e % de remoção de (A) DQO e (B) DBO da ETE-C5

Observa-se que antes da danificação da aeração (janeiro e março) e a após o conserto (setembro e outubro) a porcentagem de remoção de DQO foi entre 80% e 96% e para DBO entre 87% e 96%. Porém, nos meses em que a aeração estava ausente, a porcentagem de remoção reduziu para valores entre 40% e 67%. Isso ocorreu porque durante os meses sem aeração na câmara FAS (Figura 10), a estação funcionou similarmente a um reator somente anaeróbico.

Reatores anaeróbios normalmente apresentam menor eficiência na remoção de matéria orgânica, pois na presença de oxigênio a oxidação biológica da matéria é completa. Por exemplo, para reatores UASB, SOUSA (1981) determinou encontrou remoção de DBO e DQO aproximadamente 80% e CALIJURI et al. (2009) entre 77% e 84%.

Os resultados do monitoramento de Nitrogênio amoniacal e Nitrogênio Total Kjeldahl estão apresentados na Figura 20.

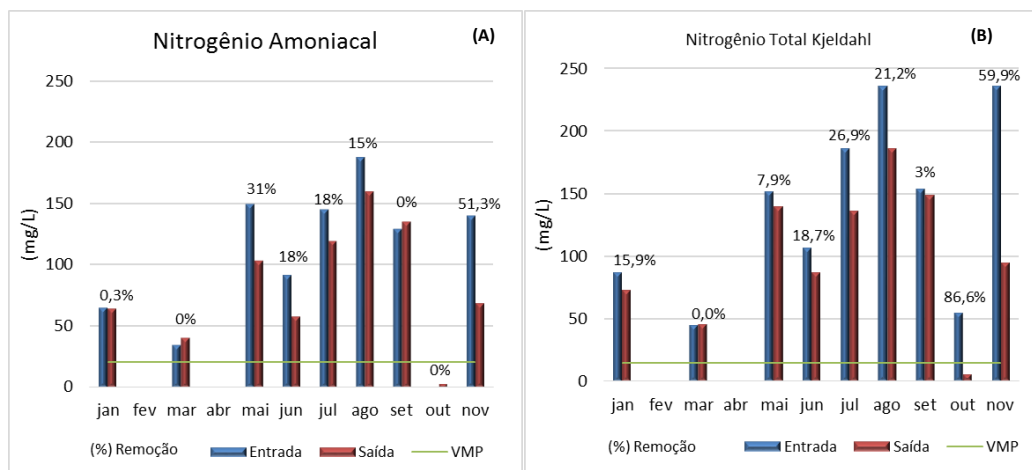


Figura 20- Concentração e % de remoção de (A) nitrogênio amoniacal e (B) nitrogênio total Kjeldahl na ETE-C5

Observa-se na Figura 20 que a estação C5 não foi eficiente na remoção de matéria nitrogenada durante o ano de 2017. Os valores de remoção foram baixos e a concentração de nitrogênio amoniacal e total Kjeldahl na saída da estação foi acima do VMP.

A baixa eficiência foi devida exclusivamente a falta de aeração. Para Claas (2007), teores baixos de oxigênio dissolvido podem causar perdas de massa biológica com a morte de microrganismos.

A falta de oxigênio afetou diretamente o processo de nitrificação que transforma a amônia em nitratos pois para manutenção destas bactérias é necessário ter oxigênio dissolvido e disponível. Além do mais, existe a competição pelo pouco oxigênio dissolvido entre as bactérias nitrificantes e heterotróficas.

Outro fator foi a inibição das bactérias nitrificantes pela alta concentração de matéria orgânica biodegradável porque as autróficas apresentarem menores taxas de crescimento comparada às heterotróficas e então não atingem o crescimento necessário para sua atividade (MEDEIROS, 2005).

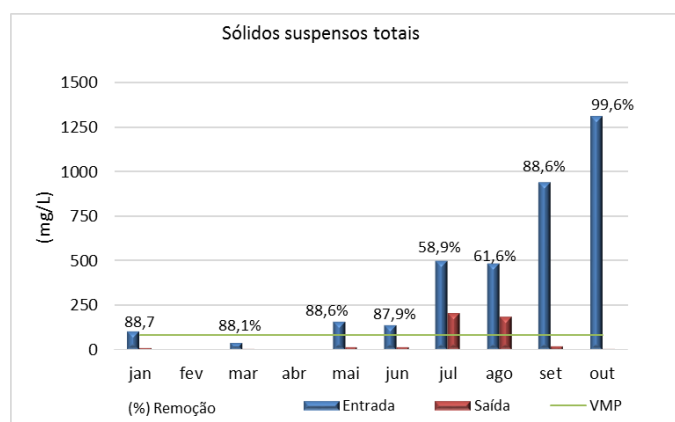


Figura 21 - Concentração e % de remoção de SST na ETE-C5

A Figura 21 apresenta os resultados do monitoramento de sólidos suspensos totais. A eficiência foi baixa ao comparar com as estações C1 e C3. Além disso, as concentrações da saída não atenderam a VMP nos meses de julho e agosto. Concluiu-se que a sedimentação foi comprometida pela falta de aeração pois prejudicou a qualidade do floco, ocasionando a flotação.

A biomassa possui propriedade de flocular devido as bactérias possuírem matriz gelatinosa que permite a aglutinação (PESTANA, M.; GANGHIS, 2017). Os sólidos suspensos também sofrem decantação juntamente com os flocos de microrganismos, mas sem oxigenação não houve formação destes aglomerados o que fez que grande parte deste material ficasse em suspensão. Foi observado a presença de sólidos suspensos devido à alta turbidez e cor escura do efluente na saída durante as coletas.

A Figura 22 apresenta os resultados de monitoramento de coliformes termotolerantes. A eficiência para este parâmetro também foi afetada devido à falta de aeração. Em todos os meses, a concentração na saída foi superior ao VMP.

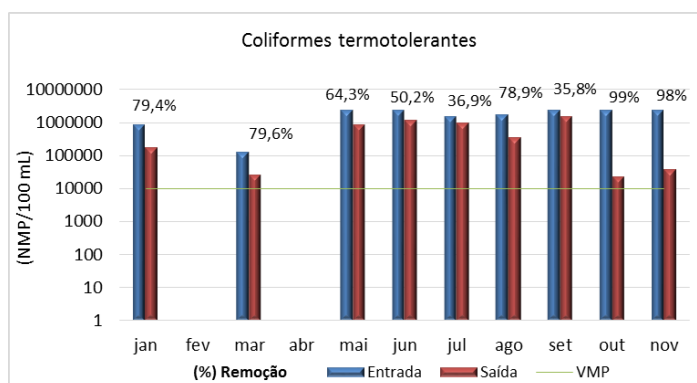


Figura 22- Concentração e % de remoção de coliformes termotolerantes na ETE-C5

Além da morte dos microrganismos que removiam os coliformes, houve a falta de cloro no dosador do tanque de contato. Desta forma, a desinfecção também foi comprometida.

Concluindo, observa-se para todos os parâmetros analisados na estação C5 que no mês de novembro já houve melhora do desempenho. Espera-se que evolução continue pois com a volta da aeração os microrganismos estão em crescimento e a estação em fase de estabilização.

## 5. Conclusões

Através da avaliação da eficiência das três estações de tratamento de efluentes sanitários, conclui-se que, ao longo do ano de 2017, estas apresentaram evolução de desempenho. Em grande parte, as ETE-C1 e ETE-C3 atenderam às exigências da legislação ambiental e da licença de operação, porém, devido a problemas de manutenção a ETE-C5 ainda não apresenta desempenho satisfatório.

Observou-se que para a ETE-C1, a carga de matéria orgânica e nitrogenada foi baixa na entrada ao longo do ano devido à diminuição do pessoal na escola técnica e portaria. Dessa forma, os nutrientes não foram suficientes para manter os microrganismos, logo, grandes variações na carga de entrada podem acarretar em não atendimento a licença de operação.

Notou-se que, ao longo do ano, a eficiência da estação C3 aumentou consideravelmente devido à estabilização das colônias de microrganismos. A estação recebe alta contribuição de matéria orgânica e nitrogenada e, atualmente, atende as necessidades e possui altas porcentagens de remoção para todos parâmetros monitorados.

A estação C5 não apresentou eficiência de remoção satisfatória durante o ano de 2017. A baixa eficiência foi devido ao sistema de aeração estar inativo durante cinco meses. Mesmo após restituição do sistema de aeração, a remoção ainda não foi suficiente para nenhum parâmetro. Por outro lado, foi possível observar uma crescente melhora no desempenho pois a estação está em processo de estabilização, ou seja, os microrganismos estão se desenvolvendo e fixando nos suportes novamente. Dessa forma, o monitoramento deve continuar ao longo do ano 2018.

Para estudos no futuro, recomenda-se a reutilização do efluente para irrigação do gramado na unidade. Para tal, os parâmetros devem atender certos requisitos, portanto, é aconselhado continuar o monitoramento das estações para que se certifique de sua estabilidade e eficiência.

## 6. Referências

- ARCEIVALA, S. J. Wastewater Treatment for Pollution Control. **Mc Graw-Hill Publication Co**, 2004.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**, 2005.
- BRASIL. **Resolução CONSEMA nº 128**, 2006.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430**, 2011.
- BRASIL. **Resolução CONSEMA nº 355**, 2017.
- CALDERONI, E. **Memorial descritivo de cálculo**. [s.l: s.n.].
- CALIJURI, M. L. et al. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB / wetlands construídas de fluxo horizontal : eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica , sólidos , nutrientes e coliformes Domestic wastewater treatment in UASB-horizontal flow cons. n. 31, p. 421–430, 2009.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. 2º ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2007.
- CLAAS, I. C. **Lodos ativados. Princípios teóricos fundamentais, operação e controle**. Porto Alegre: Evangraf, 2007.
- FERNANDES, C. **Esgotos Sanitários**. João Pessoa: UFPB, 1997.
- FERREIRA, B. O. Avaliação de um sistema de metanização de resíduos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás. 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?&t=resultados>>. Acesso em: 28 dez. 2017.
- JAMES, M. M. Wastewater Treatment Principles and Design. **Wiley-Inter Science Publication**, 1985.
- KORSAK, L. **Anaerobic treatment of wastewater in a UASB reactor**. [s.l.] Royal Institute of Technology, 2008.
- MEDEIROS, D. R. Eficiência, sedimentabilidade e composição da microfauna de sistemas de lodos ativados de fluxo contínuo e em batelada removendo nitrogênio.”. p. 143, 2005.
- METCALF; EDDY; **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3º ed. New York: McGraw-Hill, 1991.
- NUNES, G. **Tratamento terciário de efluentes**. Disponível em: <[http://www.tecquimica.cefetmg.br/galerias/arquivos\\_download/Tratamento\\_Tercirrio\\_de\\_Efluentes\\_-\\_Gisele\\_-\\_Cefet\\_2015.pdf](http://www.tecquimica.cefetmg.br/galerias/arquivos_download/Tratamento_Tercirrio_de_Efluentes_-_Gisele_-_Cefet_2015.pdf)>. Acesso em: 30 set. 2017.
- PARK, G. et al. Temperature dependence of nitrogen removal activity by anammox bacteria enriched at low temperatures. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 123, n. 4, p. 505–



511, 2017.

PESTANA, M.; GANGHIS, D. **Apostila de tratamento de efluentes** Salvador Centro Estadual de Educação Tecnológica, , 2017.

SANEFLUX SOLUÇÕES AMBIENTAIS ©. **Tratamento de esgoto horizontal**. Disponível em: <<https://www.gruposaneflux.com.br/tratamentodeesgotohorizontal>>. Acesso em: 11 out. 2017.

SANT'ANNA, G. L. **Tratamento biológico de efluente: fundamentos e aplicações**. 2. ed. [s.l.] Intercência, 2013.

SANTOS, M.; KOPSCHITZ, R.; AISSE, M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

SOUSA, F. C. Avaliação da eficiência na remoção de DQO E DBO em um reator UASB de fluxo ascendente e manta de lodo. 1981.

SPERLING, M. VON. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2° ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

SPERLING, M. VON. **Princípios básicos de tratamento de esgotos**. 2° ed. Belo Horizonte: UFMG, 2013.